

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

BEST AVAILABLE COPY

**Aktenzeichen:** 102 56 657.7

**Anmeldetag:** 3. Dezember 2002

**Anmelder/Inhaber:** Schott Glas, 55122 Mainz/DE

**Bezeichnung:** Heizvorrichtung mit Elektrode zur konduktiven  
Beheizung von Schmelzen

**IPC:** C 03 B, C 30 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. Februar 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

FOMUS

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Heizvorrichtung mit Elektrode zur konduktiven Beheizung von  
Schmelzen

5 Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Heizvorrichtung zur konduktiven Widerstandsheizung von Schmelzen, insbesondere zum raschen Einschmelzen von Gemenge und/oder zur Läuterung und/oder  
10 Konditionieren von Schmelzen, welche zumindest eine Elektrode zur konduktiven Beheizung von Schmelzen, insbesondere eine gekühlte Elektrode zur konduktiven Beheizung von Schmelzen umfasst.

15 Die konduktive Beheizung von Schmelzen wird unter anderem bei der Läuterung von Glasschmelzen eingesetzt. Bei der Läuterung werden Blasen aus der Glasschmelze, bevorzugt unter Zusatz spezieller Läutermittel ausgetrieben. Um die Blasen austreiben zu können, ist eine möglichst geringe Viskosität  
20 der Schmelze erwünscht. Diese wird im allgemeinen dadurch erreicht, daß in einer Läuterzone der Schmelze hohe Temperaturen eingestellt werden. Jedoch können die Temperaturen der Schmelze nicht beliebig hoch gewählt werden, da die einstellbare Temperatur hinsichtlich der endlichen  
25 Temperaturbeständigkeit der Bauteile der Schmelzvorrichtung begrenzt ist. Insbesondere sind keine praktisch verwendbaren Kontaktmaterialien bekannt, die oberhalb von 1700°C langzeitstabil sind.

Um dennoch höhere Temperaturen erreichen zu können, ist es bekannt, wassergekühlte, metallische Wandungsteile für die Schmelzwanne zu verwenden. Durch die gekühlten Wandungsteile werden jedoch hohe Energieverluste verursacht, die durch die Heizung wieder kompensiert werden müssen. Eine für die Hochtemperaturläuterung geeignete Heizung muß also hinreichend große Heizleistungen aufbringen.

Zum Beheizen der Schmelze wird unter anderem die Hochfrequenzbeheizung verwendet. Diese Technik wird auch insbesondere zusammen mit der Skalltechnik, also mit gekühlten Wandungsteilen verwendet. Jedoch ist die Hochfrequenzbeheizung nicht für alle Glassorten geeignet, da die Schmelzen eine gewisse Mindestleitfähigkeit aufweisen müssen. So ist das Verfahren für Schmelzleitfähigkeiten kleiner als  $0,01 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$  ungeeignet. Bereits bei Leitfähigkeiten unterhalb von etwa  $0,1 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$  wird aber schon die Prozeßstabilität bei der Hochfrequenzbeheizung so schlecht, daß diese Technik in derartigen Fällen nur beschränkt oder kaum einsetzbar ist.

Für eine gute Leitfähigkeit von Glasschmelzen sind besonders Alkaliionen verantwortlich. So sind andererseits Gläser, die wenig oder gar keinen Alkalimetallanteil haben, oft nur schlecht leitfähig. Gerade solche Gläser sind jedoch oft technische Spezialgläser, bei denen es zumeist auf besondere Reinheit und Blasenfreiheit ankommt, die aber mittels Hochfrequenzbeheizung aufgrund der schlechten Leitfähigkeit nur schlecht zu behandeln sind.

Neben der Hochfrequenzbeheizung können auch wassergekühlte Elektroden zur konduktiven Beheizung von Schmelzen eingesetzt werden. Aus der GB 644,463 ist eine wassergekühlte Platinelektrode bekannt, welche im wesentlichen nur an einem

thermischen Arbeitspunkt effektiv betrieben werden kann. Es ist hierbei stets sicherzustellen, daß die Platinelektrode nicht durch Überhitzung geschädigt wird. Da bei Erwärmung der Schmelze jedoch auch die Gefahr einer Schädigung der

5 Platinelektrode besteht, wird in der Regel das zugeführte Kühlmittel eine Abkühlung bewirken, welche einen sicheren thermischen Abstand zu denjenigen Temperaturen einhält, bei welchen das Platin Schädigungen unterliegen kann. Hierdurch wird jedoch ein Teil der Heizleistung der konduktiven

10 Elektroden wieder "weggekühlt" und muß durch erhöhte Energiezufuhr kompensiert werden. Die zusätzliche Heizleistung wird wieder mit einer erhöhten Kühlleistung abgefangen und der thermische Sicherheitsabstand erzeugt bei herkömmlichen gekühlten Elektroden eine äußerst

15 unbefriedigende energetische Gesamtbilanz.

Bei einer zu starken, nicht regelbaren Kühlung der konventionellen Elektroden besteht darüber hinaus die Gefahr, dass die konduktive Beheizung auf Grund eines zu hohen

20 Übergangswiderstandes zwischen Elektrode und Schmelze, der durch aufgefrorenes Glas entsteht, nicht zu starten ist. Die lokale Kühlleistung auf der Oberfläche dieser Elektroden ist ferner im wesentlichen durch die Anordnung der Kühlkanäle und durch die Elektrodengeometrie vorgegeben und

25 läßt sich daher nicht den äußeren Bedingungen anpassen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Heizvorrichtung zur konduktiven Beheizung von Schmelzen zu schaffen, welche eine verbesserte Kühlung ermöglicht.

30 Diese Aufgabe wird bereits in höchst überraschend einfacher Weise durch eine Heizvorrichtung gemäß Anspruch 1 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind

35 Gegenstand der abhängigen Unteransprüche.

Dementsprechend umfasst eine erfindungsgemäße Heizvorrichtung zur konduktiven Beheizung von Schmelzen, insbesondere zum raschen Einschmelzen, zur Läuterung und/oder zum

5 Konditionieren von Schmelzen zumindest eine Elektrode, sowie ein Kühlsystem mit variabel stell- und/oder regelbarer Kühlleistung. Die variable Einstellung und/oder Regelung der Kühlleistung kann dabei sowohl zeitlich, als auch örtlich (an der Kontaktfläche des Schmelzkontaktmaterials der Elektrode) zur Schmelze variabel eingestellt und/oder geregelt werden.

10 Damit wird in äußerst vorteilhafter Weise nicht nur die Temperatur der Oberfläche des Schmelzkontaktmaterials, sondern auch die räumliche Temperaturverteilung der Schmelze selbst beeinflussbar. Neben der Temperatur der Schmelze kann  
15 so auch beispielsweise die Form und Richtung von Konvektionsströmen in der Schmelze bestimmt werden.

Das Konditionieren von Schmelzen bedeutet in diesem  
20 Zusammenhang die Vorbereitung einer Schmelze auf die Bedingungen der Heißformgebung. Diese umfassen insbesondere eine Herabsenkung des Temperaturniveaus und die Homogenisierung der Temperaturverteilung.

25 Sowohl bei der Hochfrequenzbeheizung, als auch bei der konduktiven Beheizung konnte bisher die räumliche Temperaturverteilung, beziehungsweise der räumliche Energieeintrag durch die festgelegte Intensitätsverteilung des zum Heizen benutzten Hochfrequenzfeldes oder der  
30 Elektrodengeometrie kaum beeinflusst werden. Die Erfindung schafft demgegenüber eine variable Einstell- und/oder Regelbarkeit der räumlichen Schmelztemperaturverteilung, wobei die Anwendbarkeit der Erfindung im Gegensatz zur Hochfrequenzbeheizung außerdem hinsichtlich der Leitfähigkeit  
35 der Schmelze kaum eingeschränkt ist.

Umgekehrt kann eine erfindungsgemäße Vorrichtung auch so betrieben werden, daß der Wärmefluß durch die Elektrode aufgrund von innerhalb der Schmelze vorhandenen

- 5 Temperaturgradienten ausgeglichen wird, so daß auf dem Schmelzkontaktmaterial der Elektrode eine gleichmäßige Oberflächentemperatur erreicht wird. Dies erlaubt eine Reduzierung der Kühlleistung auf das notwendige Minimum, somit auch eine Reduzierung der Heizleistung und verbessert
- 10 die energetische Gesamtbilanz erheblich. Außerdem kann die Oberflächentemperatur auf sichere Weise nahe an den materialabhängigen Grenzen gehalten werden. Beispielsweise sollte eine Platinelektrode kurzfristig nicht auf über 1650°C und im Langzeitbetrieb nicht auf über 1550°C erhitzt werden.
- 15 Die erfindungsgemäße Vorrichtung erlaubt hier einen Betrieb, bei welchem die Temperatur nahezu der gesamten Oberfläche des Schmelzkontaktmaterials der Elektrode gleichmäßig nahe bei dieser Grenze gehalten werden kann. Im Gegenzug kann auf diese Weise durch Reduzierung der Kühlleistung, sowie eine
- 20 möglichst gleichmäßig heiße Oberfläche des Schmelzkontaktmaterials in der Schmelze eine hohe Spitzentemperatur erreicht werden, die weit über der Temperatur der Oberfläche des Schmelzkontaktmaterials liegt. In erfindungsgemäßer und für den Fachmann überraschender
- 25 Weise kann die Schmelztemperatur in der Schmelze erstmalig mehr als 200°C über der höchsten Temperatur an der Elektrodenoberfläche liegen. Dadurch wird entsprechend auch die Läuterung der Schmelze verbessert und beschleunigt. Die Erfindung bringt aber bereits auch Vorteile, wenn die
- 30 Temperatur von Bereichen der Schmelze nur 50°C, 100°C oder 150°C über der Temperatur der Elektrodenoberfläche liegt.

Auf diese Weise kann die Temperatur in der Schmelze zumindest in einem Bereich der Schmelze die Anwendungsgrenztemperatur

35 des Schmelzkontaktmaterials der Elektrode überschreiten. Als

Anwendungsgrenztemperatur wird die Temperatur verstanden, bis zu der ein Einsatz der Elektroden für die gängigsten Elektroden-, beziehungsweise Schmelzkontaktmaterialien möglich ist. Anwendungsgrenztemperaturen verschiedener Schmelzkontaktmaterialien werden auch in der am gleichen Tag wie die vorliegende Erfindung zum Patent angemeldeten deutschen Anmeldung der Anmelderin mit dem Titel „Verfahren und Vorrichtung zur Beheizung von Schmelzen“ beschrieben, deren Offenbarungsgehalt diesbezüglich zum Gegenstand auch der vorliegenden Anmeldung gemacht wird.

Anwendungsgrenztemperaturen für verschiedene Schmelzkontaktmaterialien sind unter anderem auch in den Veröffentlichungen

[1] Johnson Matthey Noble Metals: "Platinum Sheet Material for the Glass Industry",

[2] Glass Science and Technology 13: „Metals in Glassmaking“, Roland Kirsch (Ed.), Elsevier, Amsterdam, London, New York, Tokyo, 1993

[3] E. Drost, H. Gölitzer, M. Poniatowski, S. Zeuner: „Platinwerkstoffe für Hochtemperatur-Einsatz“, Metall - Internationale Zeitschrift für Technik und Wirtschaft Nr.7/8 1996, Seiten 492 - 498, Metallverlag Berlin/Heidelberg 7/8 1996, und

[4] „Precious Metals Science and Technology“: L. S. Benner, T. Suzuki, K. Meguro, S. Tanaka (Eds.), The International Precious Metals Institute, USA, 1991,

angegeben, deren Offenbarung diesbezüglich ebenfalls durch Bezugnahme in die vorliegende Erfindung mit aufgenommen wird.

Es liegt außerdem im Rahmen der Erfindung, ein Schmelzaggregat zur konduktiven Beheizung von Schmelzen anzugeben, welches zumindest eine erfindungsgemäße Heizvorrichtung umfaßt. Ein derartiges Schmelz- und/oder

Läuteraggregat, in welchem die erfindungsgemäße Heizvorrichtung als Elektrode eingesetzt werden kann, wird auch in der am gleichen Tag wie die Erfindung angemeldeten deutschen Anmeldung der Anmelderin mit dem Titel „Verfahren und Vorrichtung zur Beheizung von Schmelzen“ beschrieben. Der Offenbarungsgehalt dieser Anmeldung bezüglich der Konstruktion eines geeigneten Schmelz- und/oder Läuteraggregates und der darin beschriebenen Schmelz- Läuter- und Konditionierverfahren wird vollumfänglich auch zum Gegenstand der vorliegenden Anmeldung gemacht.

Im allgemeinen wird eine entsprechende Schmelz- und/oder Läutervorrichtung zwei oder mehrere der erfindungsgemäßen Heizvorrichtungen aufweisen, wobei die Betriebsspannung zwischen den Elektroden wenigstens zweier Heizvorrichtungen angelegt wird. Die Heizvorrichtungen werden vorzugsweise mit Wechselstrom, bevorzugt mit Wechselstrom mit Frequenzen im Bereich von 20 Hz bis zu 20 KHz, besonders bevorzugt im Bereich von 2 kHz bis 10 kHz betrieben, da die Korrosionsneigung des Glas- oder Schmelzkontaktmaterials der Elektroden mit steigender Frequenz abnimmt. Auch ein Betrieb mit Netzfrequenz (ca. 50 oder 60 Hz) ist jedoch möglich.

Zur Erzielung hoher Kühlleistungen ist es außerdem von Vorteil, wenn das Kühlsystem eine Fluidfördereinrichtung umfasst. Mit der Fluidfördereinrichtung wird das Kühlfluid durch die Heizvorrichtung geführt. Vorteilhaft kann die Fluidfördereinrichtung auch variabel einstell- und insbesondere regelbar ausgeführt sein, um die Gesamtkühlleistung des Kühlsystems einstellen zu können.

Mit Vorteil kann das Kühlsystem auch eine Vielzahl von Fluidleitungskanälen umfassen, durch welche das Kühlmittel hindurchgeleitet wird und dabei Wärme von der Elektrode aufnimmt. Durch die Vielzahl solcher Kanäle kann die



Kühlleistung örtlich in der Heizvorrichtung gleichmäßig verteilt werden. Die einzelnen Kanäle können dabei beispielsweise auch unterschiedliche Durchmesser aufweisen.

- 5 Die Einstellung oder Regelung der Kühlleistung der erfindungsgemäßen Heizvorrichtung kann noch erheblich dadurch verbessert werden, daß zumindest ein Fluidleitungskanal mit einer Einrichtung zur Einstellung und/oder Regelung des Durchflusses von Kühlfluid verbunden ist. Diese Einrichtung
- 10 kann beispielsweise ein Stell- oder Regelventil umfassen. Auf diese Weise kann durch Einstellung der Einrichtung die Kühlleistung des Fluidleitungskanals individuell eingestellt werden oder anhand vorgegebener Regelkennlinien geregelt werden. Insbesondere mittels einer Vielzahl solcher
- 15 Einrichtungen können auf der Oberfläche des Schmelzkontaktmaterials zeitliche und örtliche, insbesondere laterale Temperaturverläufe eingestellt und insbesondere durch eine Regelung sicher eingehalten werden. Dies ermöglicht so beispielsweise eine Feineinstellung der Form
- 20 und Richtung der in der Schmelze vorhandenen Konvektionsströme.

- Das Kühlsystem kann für verschiedenartige Kühlmittel ausgelegt sein. Beispielsweise kann das Kühlsystem eine
- 25 Luftkühlung und/oder eine Flüssigkeitskühlung und/oder eine Aerosolkühlung umfassen.

- Um eine zeitlich und/oder örtlich einstell- und/oder regelbare Kühlung zu erreichen, ist es auch vorteilhaft, wenn
- 30 die Heizvorrichtung ein weiteres Kühlsystem umfasst. Durch eine entsprechende Anordnung der Kühlsysteme kann durch die Abstimmung der Kühlleistungen dabei eine örtliche Anpassung der Kühlleistung vorgenommen werden. Die Kühlsysteme können auch so ausgelegt sein, daß eines der Systeme eine Grob- und
- 35 das andere eine Feinregulierung oder Einstellung der Gesamt-

Kühlleistung schafft. Besonders vorteilhaft ist dabei dementsprechend auch, wenn die Kühlsysteme mittels einer entsprechenden Einrichtung auch unabhängig voneinander regelbar sind.

5

Vorzugsweise ist auch das weitere Kühlsystem mit einer Vielzahl von Fluidleitungskanälen ausgestattet, welche eine örtlich verteilte Wärmeabfuhr ermöglichen. Auch diese Kanäle können mit einer Einrichtung zur Einstellung und/oder

10

Regelung des Durchflusses von Kühlfluid verbunden sein. Gemäß einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Heizvorrichtung kann das Temperaturprofil entlang der Elektrodenoberfläche in zwei zueinander senkrechten

15

Richtungen eingestellt werde. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, indem zumindest Abschnitte der Fluidleitungskanäle des weiteren Kühlsystems vorzugsweise in Richtung senkrecht zur Wärmeausbreitungsrichtung gesehen quer zu Abschnitten von Fluidleitungskanälen des ersten

20

Kühlsystems verlaufen. Mit einer derartigen Anordnung von quer zueinander verlaufenden Kanälen kann durch einzelne Einstellung oder Regelung des Kühlmittelflusses durch diese Kanäle ein zweidimensionales Temperatur- oder

25

Kühlleistungsprofil eingestellt werden. Ein solcher Vorteil läßt sich jedoch auch beispielsweise dadurch erreichen, daß zumindest Abschnitte der Fluidleitungskanäle des ersten Kühlsystems in verschiedenen Ebenen quer oder parallel zueinander verlaufen.

30

Die Fluidleitungskanäle des ersten und weiteren Kühlsystems können auch besonders bevorzugt zumindest abschnittsweise ineinandergeführt verlaufen. Diese Anordnung zeichnet sich unter anderem durch einen besonders kompakten und einfachen Aufbau aus.

Bevorzugt sind die Fluidleitungs Kanäle außerdem so angeordnet, daß zumindest ein Abschnitt der Fluidleitungs Kanäle des ersten Kühlsystems näher an der Schmelzkontaktfläche der Elektrode angeordnet sind, als die Fluidleitungs Kanäle des zweiten Kühlsystems. Auf diese Weise wird in Richtung des Wärmeflusses, welcher von der Schmelzkontaktfläche der Elektrode weg auf die von der Schmelzkontaktfläche der Elektrode abgewandten Teile der Heizvorrichtung gerichtet ist, eine zweistufige Kühlung realisiert. Dadurch kann eine Einstellung und/oder Regelung des Temperaturprofils auch in dieser Richtung erreicht werden. Auch kann auf diese Weise die Kühlleistung des näher an der Schmelzkontaktfläche wirkenden Kühlsystems reduziert werden, was im allgemeinen eine genauere Einstellbarkeit und Regelbarkeit dieses Kühlsystems ermöglicht.

Die Heizvorrichtung kann außerdem eine stell- oder regelbare Heizleistungsregelung umfassen, um nicht nur die Kühlleistung, sondern auch die Heizleistung anpassen zu können. Vorteilhaft können Heiz- und Kühlleistung dabei auch in Abhängigkeit zueinander geregelt werden, so daß zum Beispiel die stell- oder regelbare Heizleistungsregelung den Heizstrom und/oder die Spannung zwischen den Elektroden in Abhängigkeit von der Kühlleistung und/oder der Schmelztemperatur und/oder der Elektrodentemperatur regelt. Besonders vorteilhaft ist in diesem Zusammenhang auch eine temperaturabhängige Regelung, mit der beispielsweise ein Überhitzen des Schmelzkontaktmaterials verhindert werden kann.

Vorteilhaft kann die zumindest eine Elektrode an einer Stützvorrichtung befestigt sein. Die Stützvorrichtung ist dabei bevorzugt auf einer der Schmelzkontaktfläche abgewandten Seite angeordnet. Günstig ist es dabei ferner,

wenn eines der Kühlsysteme, insbesondere das zweite Kühlsystem die Stützvorrichtung kühlt. Die Stützvorrichtung ist vorzugsweise aus Feuerfestmaterial, wie beispielsweise feuerfesten Steinen oder Keramiken gefertigt. Insbesondere  
5 kann die Stützvorrichtung auch mehrschichtig, beziehungsweise in Sandwichbauweise aufgebaut sein, wobei die Schichten vorzugsweise in Wärmeausbreitungsrichtung oder entlang der durch den hydrostatischen Druck der Schmelze ausgeübten Kräfte aufeinander abfolgen. Auf diese Weise kann  
10 beispielsweise die Wärmeleitfähigkeit der Stützvorrichtung und/oder deren mechanische Stabilität verbessert werden. Ein mehrschichtiger Aufbau ermöglicht etwa die Kombination von Materialien mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit oder spezifischer Wärmekapazität in der Stützvorrichtung.

15 Besonders bevorzugt wird eine Sandwichbauweise, bei welcher die Stützvorrichtung eine erste Schicht aufweist, die zwischen der Elektrode und zumindest einer darauffolgenden zweiten Schicht angeordnet ist, wobei die erste Schicht eine  
20 höhere Wärmeleitfähigkeit als die zweite Schicht aufweist. Dadurch wird die vom Schmelzkontaktmaterial anfallende Wärme gut von der ersten Schicht aufgenommen und weitertransportiert. Aufgrund der schlechteren Wärmeleitfähigkeit der zweiten Schicht wird andererseits nur  
25 wenig Wärme nach außen abgegeben, sondern hauptsächlich über die Kühlung abgeführt. Für die erste Schicht sind beispielsweise schmelzgegossene und/oder dicht gesinterte Materialien, wie schmelzgegossene Aluminium-Zirkon-Silikate (AZS) und/oder Aluminiumoxid und/oder schmelzgegossene hoch  
30 zirkonhaltige Materialien (HZFC) geeignet. Für die zweite Schicht sind unter anderem keramisch gebundene Materialien wie Mullit, Gesintertes Quarzglas oder schlickergegossenes Kieselglas, das auch unter der Bezeichnung Quarzal bekannt ist, geeignet. Diese Materialien weisen eine geringere

Wärmeleitfähigkeit auf und leiten entsprechend wenig Wärme nach außen ab.

5 Eine besonders effektive Kühlung der Elektrode läßt sich erreichen, indem die zumindest eine Elektrode auf wenigstens einer Seite der Stützvorrichtung aufliegt, wobei sich zumindest ein Abschnitt eines Fluidleitungskanals des Kühlsystems entlang dieser Seite der Stützvorrichtung erstreckt. Die Kühlung läßt sich noch verbessern, indem der  
10 Abschnitt des zumindest einen Fluidleitungskanal zur Elektrode oder bei einer Sandwichbauweise zur ersten Schicht hin offen ausgeführt ist. Auf diese Weise kommt das Kühlfluid beim Durchströmen durch den Kanal in direkten Kontakt mit dem Elektrodenmaterial.

15 Vorteilhaft ist außerdem eine Weiterbildung der erfindungsgemäßen Heizvorrichtung, bei welcher die zumindest eine Elektrode zumindest zwei Elektrodensegmente umfaßt. Die Elektrodensegmente können unter anderem dazu geeignet sein,  
20 die Leistungsdichte durch die konduktive Heizung auf mehrere getrennte Segmente zu verteilen. Besonders vorteilhaft ist dabei außerdem, wenn die Elektrodensegmente zueinander isoliert sind. Die Elektrodensegmente können dann separat mit Strom versorgt werden, was eine Reihe von Vorteilen mit sich  
25 bringt. Insbesondere kann die Heizvorrichtung auch so betrieben werden, daß der Strom zwischen den Elektrodensegmenten durch die Schmelze fließt. Dies erleichtert beispielsweise das Einschmelzen von Schmelzgut, da nur ein kleiner Bereich des Schmelzguts im Schmelz- oder  
30 Läuteraggregat, in welchem die Heizvorrichtung eingesetzt wird, aufgeschmolzen werden muß, bis eine Brücke aus geschmolzenem Material die Elektrodensegmente verbindet. Das weitere Einschmelzen kann dann durch den Betrieb der Elektrodensegmente und der Heizelektroden vorgenommen werden.  
35 Außerdem kann durch einen derartigen Betrieb zwischen den

Elektrodensegmenten eine Konvektionswalze im Schmelz- oder Läuteraggregat in Gang gesetzt werden.

Die zumindest eine Elektrode weist mit Vorteil ein  
5 Schmelzkontaktmaterial auf, das zumindest bei höheren  
Temperaturen leitfähig und temperaturbeständig, sowie  
außerdem weitgehend inert beim Kontakt mit der Schmelze ist.  
Als Schmelzkontaktmaterial ist insbesondere für Glasschmelzen  
dabei beispielsweise ein Material geeignet, welches  
10 elektrisch leitfähige Keramik, wie beispielsweise  $\text{SnO}_2$ -  
Keramik und/oder Refraktärmetalle, wie insbesondere  
Platinmetalle, beispielsweise Iridium, Rhodium, Platin und  
deren Legierungen oder hochschmelzende Refraktärmetalle, wie  
Wolfram, Molybdän, Osmium, Hafnium, Tantal sowie deren  
15 Legierungen umfasst.

Das Schmelzkontaktmaterial kann außerdem ein  
feinkornstabilisiertes Material umfassen.  
Feinkornstabilisierte Materialien werden auch als  
20 dispersionsverfestigte Materialien oder  
oxiddispersionsgehärtete Materialien bezeichnet. Diese  
zeichnen sich im allgemeinen durch eine hohe Festigkeit und  
gute Langzeitstabilität aus. Solche feinkornstabilisierten  
Materialien können beispielsweise hochfeste Platin- oder  
25 Iridiummaterialien sein.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung bildet die  
zumindest eine Elektrode der Heizvorrichtung einen  
Wandbereich eines Tiegels. Der Tiegel kann dabei  
30 beispielsweise in weiterer erfindungsgemäßer Ausgestaltung  
auch als Skulttiegel mit gekühlten Wänden ausgeführt sein.

Die äußere Form und Wölbung der Schmelzkontaktfläche des  
Schmelzkontaktmaterials der zumindest einen Elektrode ist  
35 wahlfrei und kann der jeweiligen Anwendung, etwa der

spezifischen Tiegelform angepaßt sein. Die Kontaktfläche des Schmelzkontaktmaterials kann daher beispielsweise sowohl flach, als auch konvex oder konkav gewölbt sein. Je nach Anwendung kann die Kontaktfläche auch zum Beispiel

5 quadratisch, rechteckig, oval oder rund geformt sein.

Die Heizvorrichtungen können in das Schmelzgefäß vorteilhaft so eingebaut werden, dass eine Auswechselbarkeit gegeben ist. Um ein Herausfließen von Schmelze zwischen der

10 Heizvorrichtung und einem Ausschnitt aus der Wandung eines Schmelzaggregates, in welche die Heizvorrichtung eingesetzt wird, zu vermeiden, ist es von Vorteil, wenn die Heizvorrichtung eine Kantenkühlung aufweist. Dabei wird an den Kanten vorbeifließende Schmelze erstarrt und schafft so

15 die gewünschte Abdichtung.

Um eine möglichst genaue Temperatur- oder Kühlleistungsregelung durchführen zu können, ist es vorteilhaft, wenn die Heizvorrichtung zumindest einen

20 Temperatursensor, wie etwa ein Thermoelement aufweist. Die Meßwerte des Temperatursensors können dann beispielsweise von einer Recheneinrichtung verarbeitet werden, welche ihrerseits unter Verwendung dieser Daten die Kühlleistung zeitlich und/oder örtlich regeln kann. Auch die genaue Einstellbarkeit

25 der Kühlleistung wird hierdurch unterstützt.

Ebenso vorteilhaft ist, wenn das Kühlsystem zumindest einen Durchflußmesser umfasst. Ein solcher Durchflußmesser kann Istwerte liefern, die mit Sollwerten für den Durchfluss von

30 Kühlmittel durch das Kühlsystem abgeglichen werden können, um einen stabilen Betrieb mit definierten Parametern zu ermöglichen.

Bei einer Inbetriebnahme eines Schmelzaggregats mit

35 erfindungsgemäßen Heizvorrichtungen muß zunächst in der

Schmelze eine ausreichende Leitfähigkeit vorhanden sein, um eine konduktive Beheizung mit den Heizvorrichtungen zu ermöglichen. Das Schmelzaggregat kann dazu geeignete Einrichtungen zum Erwärmen und Einschmelzen von Gemenge oder des erkalteten Schmelzguts aufweisen. Insbesondere in der Nähe der Schmelzkontaktfläche der Elektroden der Heizvorrichtungen kann dabei aber die Leitfähigkeit der Schmelze nicht ausreichend sein, um einen hinreichenden Stromfluß durch die Schmelze zu ermöglichen. Auch kann zwischen Schmelzkontaktmaterial der Heizvorrichtung und erkaltetem Schmelzgut ein isolierender Luftspalt vorhanden sein. Dieser entsteht durch Schrumpfung des Schmelzguts beim Erkalten. Wird an die Elektrode bei vorhandenem Luftspalt eine Spannung angelegt, so kann es lokal zur Überbrückung des Luftspalts durch Ionisierung und zum Durchschießen des Stroms an dieser Stelle kommen, was zur Beschädigung des Schmelzkontaktmaterials führen kann. Vorteilhaft kann die Heizvorrichtung daher eine Einrichtung zur Beheizung der Elektrode umfassen, mit welcher eine direkte Beheizung der Elektrode vorgenommen werden kann. Dadurch kann das Schmelzgut im Bereich der Schmelzkontaktfläche angeschmolzen werden, um eine ausreichende Leitfähigkeit zu erreichen oder die Inbetriebnahme des Aggregats zu ermöglichen.

Als Einrichtung zur Beheizung der Elektrode ist insbesondere eine ohmsche Heizeinrichtung geeignet. Diese kann bevorzugt eine Stromquelle umfassen, welche an das Schmelzkontaktmaterial oder ein darunter befindliches leitfähiges Material angeschlossen ist und so einen Strom durch das Schmelzkontaktmaterial oder das darunter befindliche leitfähige Material in Richtung quer zur Schmelzkontaktfläche treibt und somit geeignet ist, das Schmelz- oder Glaskontaktmaterial und/oder Teile der Elektrode selbst zu erwärmen. Dieser Betrieb wird im folgenden auch als Querbestromung bezeichnet.



Die Einrichtung zur Beheizung der Elektrode kann auch eine Einrichtung zur Erwärmung des Kühlfluids umfassen. Damit kann beispielsweise die Schmelzkontaktfläche der Elektrode auf eine Temperatur oberhalb des Taupunktes erwärmt werden. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn Niederschlag von Feuchtigkeit, wie sie etwa beim Einsatz von fossilen Brennern zum An- oder Vorheizen bei einer Inbetriebnahme entsteht, zu verhindern.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsformen und unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Dabei kennzeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder ähnliche Teile.

Es zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Querschnitt einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Heizvorrichtung,

Fig. 2 einen schematischen Querschnitt durch eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Heizvorrichtung,

Fig. 3A

und 3B Aufsichten auf die Schmelzkontaktfläche zweier Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Heizvorrichtung,

Fig. 4 eine schematische Ansicht einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Heizvorrichtung mit segmentierter Elektrode,

Fig. 5 eine schematische Ansicht eines Schmelzaggregates zur konduktiven Beheizung von Schmelzen

In den Fig. 1 und 2 sind schematisch

Querschnittsdarstellungen zweier Ausführungsformen der

erfindungsgemäßen Heizvorrichtung dargestellt, die als Ganzes mit 1 bezeichnet ist..

Die Heizvorrichtung 1 weist eine Elektrode 3 mit einem  
5 Schmelzkontaktmaterial 2 auf, welche mit einer  
Stützevorrichtung 5 verbunden ist und mit einer Seite auf der  
Stützevorrichtung 5 aufliegt.

Die Elektrode 3 ist mit elektrischen Zuleitungen 7 verbunden,  
10 welche an eine Stromversorgung zur konduktiven Heizung einer  
Schmelze anschließbar sind. Die Stützevorrichtung ist in  
dieser Ausführungsform noch mit Halteblechen 14 versehen,  
welche zur Montage und Befestigung der Heizvorrichtung 1 an  
einem Schmelzaggregat dienen.

15 Die Heizvorrichtung 1 kann auch verschiebbar in einem  
Schmelzaggregat angeordnet sein. In diesem Fall können die  
Heizvorrichtungen mit den Halteblechen 14 an einer  
Verschiebeeinrichtung befestigt sein, mit der die  
20 beispielsweise gegenüber im Aggregat angeordneten  
Heizvorrichtungen 1 dann aufeinander zu oder voneinander weg  
bewegt werden können. Eine solche Anordnung ist  
beispielsweise während des Anfahrens bei noch kühlerer  
Schmelze mit geringer elektrischer Leitfähigkeit von Vorteil.

25 Die Heizvorrichtung 1 wird bevorzugt so in ein Schmelz- oder  
Läuteraggregat integriert, daß das Schmelzkontaktmaterial 2  
einen Wandbereich eines Tiegels, insbesondere eines  
Skulltiegels bildet. Dabei wird die Heizvorrichtung 1 so  
30 eingebaut, daß die Stützevorrichtung 5 auf der dem  
Schmelzkontaktbereich, beziehungsweise der  
Schmelzkontaktfläche 17 des Schmelzkontaktmaterials 2  
abgewandten Seite der Elektrode 3 angeordnet ist. Das  
Schmelzkontaktmaterial 2 ist aus einem gegen die  
35 Zusammensetzung der Schmelze resistenten Material gefertigt.

Als Schmelzkontaktmaterial für Glasschmelzen ist elektrisch leitfähige Keramik, wie beispielsweise  $\text{SnO}_2$ -Keramik und/oder Refraktärmetalle, insbesondere hochschmelzende Metalle, wie Wolfram, Molybdän, Osmium, Hafnium, Tantal oder deren  
5 Legierungen, und/oder Platinmetalle, insbesondere Platin, Iridium, Rhodium sowie deren Legierungen geeignet.

Bei der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform ist die Stützvorrichtung 5 in Sandwich-Bauweise aufgebaut. Dabei  
10 weist die Stützvorrichtung eine erste Schicht 51 auf, die zwischen der Elektrode 3 und einer darauffolgenden zweiten Schicht 52 angeordnet ist. Die erste Schicht 51 weist eine höhere Wärmeleitfähigkeit als die zweite Schicht auf. Die erste Schicht kann beispielsweise ein schmelzgegossenes  
15 Material, wie AZS oder HZFC aufweisen. Für die zweite Schicht 52 ist zum Beispiel ein Werkstoff wie Mullit oder Quarzal mit einer verhältnismäßig schlechten Wärmeleitfähigkeit geeignet. Die Abfolge von Schichten mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit führt dazu, daß die Wärme vom  
20 Schmelzkontaktmaterial 2 einerseits gut abgeführt und andererseits nur ein geringer Anteil der Wärme nach außen abgegeben wird. Auf diese Weise wird ein überwiegender Teil der Wärme über die Kühlsysteme abgeführt.

25 In Fig. 1 ist eine erste erfindungsgemäße Ausführungsform gezeigt, bei welcher die Elektrode 3 ein Schmelzkontaktmaterial 2 aus einem metallischen Werkstoff, beispielsweise aus einem Refraktärmetall, wie Wolfram, Molybdän und/oder Platin, Rhodium, Iridium, sowie deren  
30 Legierungen aufweist. Das Schmelzkontaktmaterial 2 ist auf einem Refraktärmaterial 8 oder einer elektrisch leitfähigen Keramik, wie beispielsweise einer  $\text{SnO}_2$ -Keramik aufgebracht.

Die Stützvorrichtung 5 weist eine Vielzahl von Anschlüssen 9  
35 auf, die mit Fluidleitungschanälen 10 im Inneren der

Stützvorrichtung verbunden sind, wobei die Anschlüsse, sowie die mit diesen verbundenen Fluidleitungskanäle Bestandteile eines ersten Kühlsystems sind.

5 Die Stützvorrichtung 5 weist außerdem eine Vielzahl von weiteren Anschlüssen 11 auf, die ebenfalls im Inneren der Stützvorrichtung mit Fluidleitungskanälen verbunden sind. Diese Anschlüsse 11 und die damit verbundenen Fluidleitungskanäle 12 sind Bestandteil eines weiteren  
10 Kühlsystems.

Anhand der Querschnittsansicht ist schematisch gezeigt, daß bei dieser Ausführungsform jeweils zwei Anschlüsse 9 mit einem Fluidleitungskanal 10 des ersten Kühlsystems verbunden  
15 sind, wobei ein Anschluß 9 der Zuleitung und ein weiterer Anschluß der Rückleitung von Kühlmittel dient. Die Flußrichtung des Kühlmittels ist durch Pfeile symbolisiert.

Ein Abschnitt 19 der Fluidleitungskanäle 10 des ersten  
20 Kühlsystems erstreckt sich entlang der Seite 20 der Stützvorrichtung 5, auf welcher die Elektrode 3 aufliegt. Diese Abschnitte 19 sind insbesondere so konstruiert, daß sie sich in der zweiten Schicht 52 der Stützvorrichtung 5 entlang der Auflagefläche zwischen erster Schicht 51 und zweiter  
25 Schicht 52 aus einem Refraktärmaterial 8 des Sandwich-Aufbaus erstrecken und zur ersten Schicht 51 hin offen sind. Dadurch wird beim Durchströmen des Kühlmittels durch die Fluidleitungskanäle 10 im Bereich dieser Abschnitte 19 ein direkter Kontakt des Kühlmittels mit der gut wärmeleitenden  
30 ersten Schicht, auf welcher das Schmelzkontaktmaterial 2 der Elektrode 3 aufliegt, geschaffen. Die erste Schicht 51 ist dabei vorzugsweise möglichst dünn ausgeführt. Die Schicht 51 dient hier insbesondere der mechanischen Unterstützung des Schmelzkontaktmaterials, um Verformungen durch den von der  
35 Schmelze ausgeübten hydrostatischen Druck zu vermeiden. Durch

die möglichst dünne Ausführung der Schicht 51 wird eine gute Kühlung bei geringer Trägheit bezüglich der Regelbarkeit der Kühlleistung im Schmelzkontaktmaterial erzielt.

5 Jeder der Fluidleitungs Kanäle 10 ist mit einem Stell- oder Regelventil 13 verbunden, welches in dieser Ausführungsform jeweils an denjenigen der Anschlüsse 9 angeschlossen ist, welcher als Zuleitung dient. Das Kühlmittel wird von einer Fluidförderereinrichtung 21 über die Stell- oder Regelventile  
10 durch die Fluidförderkanäle 10 schließlich in einen Kühler 23 gepumpt, wo dem Kühlmittel die Wärme, die es in den Fluidförderkanälen 10 aufgenommen hat, wieder entzogen bekommt.

15 Bei einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das erste Kühlsystem eine Fluidförderereinrichtung 21, welches eine Förderung des Fluids bei niedrigen Druckdifferenzen zwischen Ein- und Ausgang der Einrichtung von bis zu 1000 mbar ermöglicht, denn bei diesen Drücken ist es möglich,  
20 kostengünstige kolbenfreie Fluidpumpen, insbesondere Gebläse zu verwenden. Eine besonders bevorzugte Ausführungsform gestattet die Förderung des Fluids bei Drücken von bis zu 500 mbar und die am meisten bevorzugte Ausführungsform ermöglicht die Förderung des Fluids bei 150 mbar. Bei diesen  
25 Ausführungsformen sind die Fluidförderkanäle 10 jeweils mit Querschnitten versehen, welche die ausreichende Förderung des Fluids bei derart niedrigen Drücken gewährleisten. Dies ist besonders vorteilhaft, falls Gase und oder Aerosole, wie insbesondere Umgebungsluft oder Umgebungsluft mit gesteuertem  
30 Wassergehalt zur Kühlung verwendet werden, da in diesem Falle bereits einfache Gebläse an Stelle von pneumatischen Pumpsystemen verwendet werden können.

Ebenso ist jedoch gemäß einer weiteren Ausführungsform auch  
35 der Einsatz von Druckluft als Kühlfluid möglich. Bei Einsatz

von Druckluft bietet sich der Vorteil, daß der Querschnitt der Fluidförderkanäle 10 reduziert werden kann. Dadurch ergibt sich unter anderem die Möglichkeit, mehr Kanäle in der Stützvorrichtung 5 unterzubringen und so beispielsweise eine  
5 höhere Ortsauflösung bei der Regelung oder Einstellung der lokalen Kühlleistung zu erreichen. Auch können die Kanäle bei geringem Querschnitt so beispielsweise zum Schmelzkontaktmaterial 2 hin offen ausgeführt werden, ohne daß es zu einer Verformung des Materials über den offenen  
10 Kanälen kommt.

Zusätzlich oder alternativ zur Verwendung von unter erhöhtem Druck stehenden Fluid kann auch auf der Abluftseite eine Saugvorrichtung angeordnet sein, welche eigenständig oder  
15 zusammen mit dem Gebläse oder den Gebläsen den Kühlfluiddurchsatz erhöht. Auch für die Saugvorrichtung werden durch die entsprechend großen Querschnitte der Fluidkanäle bevorzugt kostengünstige kolbenfreie Saugsysteme verwendbar.

In ähnlicher Weise ist auch das weitere Kühlsystem ausgelegt. Auch bei diesem Kühlsystem weist jeder der Fluidleitungs-  
kanäle 12 einen Abschnitt 18 auf, welcher sich entlang der Seite 20 der Stützvorrichtung erstreckt. Die  
25 Abschnitte 19 der Fluidleitungskanäle 10 des ersten Kühlsystems sind jedoch näher an der Schmelzkontaktfläche 17 der Elektrode 3 angeordnet als die Fluidleitungs-  
kanäle 12 des weiteren Kühlsystems und deren entlang der Seite 20 verlaufenden Abschnitte 18. Die Abschnitte 18 sind im  
30 Gegensatz zu den Abschnitten 19 auch nicht zur Elektrode 3 hin offen.

Ähnlich wie beim ersten Kühlsystem ist auch beim weiteren Kühlsystem ein Fluidleitungs-  
kanal 12 jeweils an zwei  
35 Anschlüsse 11 angeschlossen, von denen jeweils einer als

Zuleitungsanschluß und der weitere als Rückleitungsanschluß dient. Der Zuleitungsanschluß ist jeweils mit einem Stell- oder Regelventil 15 verbunden. Ebenso wie beim ersten Kühlsystem wird das Kühlmittel oder Kühlfluid mittels einer Fluidfördereinrichtung 25 über die Stell- oder Regelventile 15 durch die Fluidleitungskanäle 12 in einen Kühler 27 gepumpt, wo das aufgeheizte Kühlmittel wieder abgekühlt wird.

Wird ein Schmelzaggregat in Betrieb genommen, das mit erstarrtem Schmelzgut, beispielsweise in Form von Scherben oder Gemenge befüllt ist, so besteht zwischen den Schmelzkontaktmaterialien der im Aggregat angeordneten Heizvorrichtungen 1 zunächst keine leitende Verbindung. Insbesondere besteht in dieser Phase noch keine leitfähige Brücke vom Schmelzkontaktmaterial 2 zum Schmelzgut. Um diese herzustellen, ist es vorteilhaft, wenn die Heizvorrichtung eine weitere Heizvorrichtung in Form einer Einrichtung zur Beheizung der Elektrode aufweist, die geeignet ist, das Schmelz- oder Glaskontaktmaterial zu erwärmen. Hierzu kann beispielsweise ein Querstrom, der im wesentlichen parallel zur Oberfläche des Schmelzkontaktmaterials 2 fließt, in dieses eingespeist werden, so daß durch den ohmschen Widerstand der Elektrode 3 deren Erwärmung und damit die zusätzliche Erwärmung und das Anschmelzen des Schmelzgutes bzw. des Glases bewirkt. Eine solche ohmsche Heizvorrichtung umfaßt bei den in den Fig. 1 und 2 dargestellten Ausführungsformen eine Stromversorgung 37, die über elektrische Zuleitungen 33 und 35 mit Laschen 29, 31 der Elektrode 3 verbunden ist. Der Strom aus der Stromversorgung 37 fließt so über die Laschen als Querstrom durch das Schmelzkontaktmaterial 2. Die Querbestromung der Elektrode kann mit einem geeigneten Schalter 34 und/oder durch Zu- oder Abschaltung der Stromversorgung 37 ein- oder ausgeschaltet werden. Hat die Schmelze beispielsweise eine ausreichende Leitfähigkeit, so daß diese durch konduktive Beheizung weiter

erwärmt werden kann, so kann die Querbestromung ausgeschaltet werden.

Die Einrichtung zur Beheizung der Elektrode kann auch  
5 vorteilhaft eine Einrichtung zur Erwärmung des Kühlfluids  
umfassen. Während des Aufheizens der Schmelze oder des  
Gemenges kann die Schmelzkontaktfläche so auch mit einer  
Einrichtung zur Erwärmung des Kühlfluids zusätzlich beheizt  
werden. In diesem Falle kann der Kühler 23 über  
10 Heizeinrichtungen, wie beispielsweise Wärmetauscher,  
elektrische Widerstands- oder fossile  
Brennstoffheizeinrichtungen verfügen. Eine Vorheizung durch  
Erwärmung des Kühlmittels ist beispielsweise vorteilhaft, um  
den Niederschlag von Feuchtigkeit auf der Elektrode 3 zu  
15 verhindern, indem diese über den Taupunkt der  
Oberofenatmosphäre erwärmt wird. Feuchtigkeit kann im  
Schmelzaggregat in größeren Mengen während der Inbetriebnahme  
des Aggregates entstehen, wenn das Schmelzgut oder Gemenge im  
Aggregat ebenfalls mit fossilen Brennern vorerhitzt wird.

20 Im normalen Betriebszustand wird das abgekühlte Kühlmittel  
dann erneut der Fluidfördereinrichtung 25 zugeführt und der  
Kühlmittelkreislauf hierdurch geschlossen.

25 Das erste Kühlsystem wird vorzugsweise mit einem gasförmigen  
Kühlmittel, insbesondere mit Luft betrieben. Entsprechend  
kann die Fluidfördereinrichtung 21 ein Gebläse umfassen. Das  
weitere Kühlsystem kann beispielsweise ein flüssiges  
Kühlmittel verwenden. Ferner ist ein Gemisch von Gas und  
30 Flüssigkeit verwendbar, bei welchem der Flüssigkeitsgehalt  
einstell- oder regelbar ist, um derart einen sehr definierten  
Wärmeaustrag zu gewährleisten. In diesem Fall kann die im Gas  
gelöste oder als Aerosol vorliegende Flüssigkeit,  
beispielsweise beim Phasenübergang von flüssig zu gasförmig,  
35 Kondensationswärme entziehen oder kann bei gelöst



vorliegendem Flüssigkeitsanteil die Stärke der Kühlwirkung sehr genau dosiert werden.

In Fig. 2 ist eine zweite erfindungsgemäße Ausführungsform gezeigt, bei welcher die Stützvorrichtung 5 nicht in Sandwich-Bauweise aufgebaut ist. Bei dieser Ausführungsform erstreckt sich ebenfalls ein Abschnitt 19 der Fluidleitungskanäle 10 des ersten Kühlsystems entlang der Seite 20 der Stützvorrichtung 5, auf welcher die Elektrode 3 aufliegt. Bei dieser Ausführungsform sind die Abschnitte 19 direkt zur Elektrode hin offen. Auf diese Weise wird ein direkter Kontakt des Kühlmittels mit der Elektrode hergestellt und so für eine besonders gute und schnell regelbare Kühlung erreicht. Auch wird eine Wärmetransport-Barriere, wie sie zwischen zwei Schichten bei einer Sandwich-Konstruktion der Stützvorrichtung entsteht, vermieden.

Das Schmelzkontaktmaterial 2 der Elektrode 3 muß jedoch hier auch bei den hohen Einsatztemperaturen eine ausreichende Festigkeit aufweisen, um eine Verformung oder sogar ein Aufreißen des im Bereich der Abschnitte 19 freitragenden Schmelzkontaktmaterials durch den hydrostatischen Druck der Schmelze zu verhindern. Dazu sind beispielsweise Refraktärmetalle, wie etwa Wolfram geeignet. Gegenüber Platinmetallen weisen diese jedoch keine so hohe Oxidationsbeständigkeit auf und müssen unter Umständen vor Sauerstoffeinwirkung geschützt werden.

Fig. 3A zeigt eine Aufsicht auf die Schmelzkontaktfläche 17 der Elektrode 3 einer Ausführungsform der Erfindung. Die Schmelzkontaktfläche 17 dieser Ausführungsform ist mit rechteckiger Form dargestellt, jedoch sind eine Vielzahl von Formen der Elektrode möglich, die sich aus der jeweiligen Anpassung der Heizvorrichtung an die spezifische Form und Konstruktion des Schmelzaggregates ergeben.

Die FluidleitungsKanäle 10 und 12 des ersten und zweiten Kühlsystems, welche in der dargestellten Aufsicht unterhalb der Elektrode 3 verlaufen, sind mit gestrichelten Linien dargestellt.

Die Abschnitte 18 der FluidleitungsKanäle 12 des weiteren Kühlsystems sind bei dieser Ausführungsform so angeordnet, daß sie in Richtung senkrecht zur Wärmeausbreitungsrichtung quer zu den Abschnitten 19 der FluidleitungsKanäle 10 des ersten Kühlsystems verlaufen. Durch diese kreuzweise Anordnung und Einstellung oder Regelung der Kühlleistung der einzelnen Kanäle kann die laterale Temperaturverteilung und/oder die Kühlleistung auf der Schmelzkontaktfläche 17 der Elektrode 3 beeinflußt werden und eine nahezu beliebige zweidimensionale Temperatur- und/oder Kühlleistungsverteilung eingestellt werden.

In Fig. 3B ist eine Aufsicht auf die Schmelzkontaktfläche 17 der Elektrode 3 einer weiteren Ausführungsform der Erfindung dargestellt. Hier verlaufen die Abschnitte 18 und 19 des ersten und zweiten Kühlsystems nicht quer, sondern in Richtung entlang der Schmelzkontaktfläche 17 parallel zueinander. Insbesondere sind die FluidleitungsKanäle im Bereich der Abschnitte 18 außerdem ineinandergeführt. Beispielsweise können die Abschnitte 18 des zweiten Kühlsystems metallische Kühlrohre umfassen, welche innerhalb der Abschnitte 19 des ersten Kühlsystems verlegt sind. Dadurch wird ein besonders kompakter Gesamtaufbau, sowie auch eine zusätzliche Kühlung des Kühlfluids des ersten Kühlsystems erreicht.

In Fig. 4 ist eine schematische Ansicht einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Heizvorrichtung mit segmentierter Elektrode dargestellt. Diese Ausführungsform weist, ähnlich

wie die anhand von Fig. 1 dargestellte Ausführungsform eine Stützvorrichtung 5 aus feuerfestem Material auf, an welcher Anschlüsse 9 und 11 für die Fluidleitungs Kanäle der Kühlsysteme im Inneren der Stützvorrichtung 5 angebracht sind.

Die Elektrode 3 dieser Ausführungsform ist in zwei Segmente 61 und 63 so aufgeteilt, daß auch die Schmelzkontaktfläche 17 in zwei Teile unterteilt ist.

Die Segmente 61 und 63 sind so auf der Seite 20 der Stützvorrichtung 5 angeordnet, daß sie sich nicht berühren. Dadurch sind, sofern das feuerfeste Material der Stützvorrichtung 5 nichtleitend ist, die Segmente 61 und 63 isoliert zueinander befestigt.

Jedes der Segmente 61 und 63 besitzt eine eigene elektrische Zuleitung 71, beziehungsweise 73. In Verbindung mit der isolierten Anordnung der Segmente 61 und 63 wird es damit beispielsweise möglich, die Segmente unabhängig voneinander zur lokalen Regelung oder Einstellung der Heizleistung zu betreiben.

Außerdem kann zwischen einzelnen Elektrodensegmenten, beispielsweise zwischen den Segmenten 61, 63 einer Elektrode 3 eine Spannung angelegt werden, welche eine konduktive Beheizung des Schmelzguts in der Nähe der segmentierten Elektroden Teile bewirkt. Dieser Betrieb kann unabhängig von den üblichen, zur konduktiven Beheizung eingesetzten Strömen zwischen einem Elektrodenpaar gesteuert werden und kann beispielsweise während der Startphase dazu dienen, das Schmelzgut vor der Elektrode 3 in einem breiteren Bereich zu verflüssigen, um derart die konduktive Heizwirkung zügiger in einem großflächigeren Bereich, dies bedeutet mit größerem wirksamen Querschnitt des fließenden Stroms, zu entfalten.

Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung kann die Schmelztemperatur, insbesondere von Kernbereichen der Schmelze mehr als 200°C über der höchsten Temperatur an der Schmelzkontaktfläche 17 der Elektrode 3 liegen, ohne dass hierdurch eine erhöhte Abnutzung der Elektrode 3 oder ein verstärkter Eintrag von Verunreinigungen in die Schmelze selbst stattfindet.

Durch die vorstehend beschriebene Temperaturüberhöhung zwischen der Elektrode 3, insbesondere der Glas- oder Schmelzkontaktfläche 17 der Elektrode 3 und den Kernbereichen der Schmelze wird auch die Läuterung der Schmelze entsprechend verbessert und beschleunigt. Insbesondere kann die Temperatur der Schmelze aufgrund der Temperaturüberhöhung oberhalb der Anwendungsgrenztemperatur des Schmelzkontaktmaterials liegen, da das Schmelzkontaktmaterial 2 durch die Kühlung unterhalb dieser maximal verträglichen Temperatur gehalten werden kann.

Die Erfindung bringt aber bereits auch Vorteile, wenn die Temperatur der Schmelze nur 50°C, 100°C oder 200°C über der Temperatur der Elektrode liegt. Diese Temperaturüberhöhung oder die Temperatur der Schmelze kann beispielsweise mittels Thermoelementen, Pyrometern oder anderen, dem Fachmann bekannten Verfahren erfasst werden und deren Meßwerte in eine Regelung der Kühl- und/oder Heizleistung mit einbezogen werden.

In Fig. 5 ist ein schematischer Querschnitt durch ein als ganzes mit 40 bezeichnetes Schmelz- oder Läuteraggregat dargestellt, in welchem erfindungsgemäße Heizvorrichtungen 1 zur Beheizung einer im Aggregat befindlichen Schmelze 39 verwendet werden. Der Übersichtlichkeit halber sind dabei in Fig. 5 die Kühlsysteme, sowie die Einrichtungen zur ohmschen

Beheizung der Elektroden 3 durch Querbstromung nicht dargestellt.

5 Zur konduktiven Beheizung der Schmelze 39 sind zwei der Heizvorrichtungen 1 in jeweils eine Öffnung in den Wandungen 42 des Schmelzaggregates 40 eingesetzt und mittels der Haltebleche 14 befestigt. Dabei füllt das Schmelzkontaktmaterial 2 der Elektroden 3 die jeweilige Öffnung aus und bildet so einen Bestandteil der Wandungen 42. 10 Bevorzugt sind dabei die Heizvorrichtungen an gegenüberliegenden Wänden des Schmelzaggregates angeordnet.

Die Zuleitungen 7 der Heizvorrichtungen 1 sind an einer Strom-, beziehungsweise Spannungsversorgung 80 zur 15 konduktiven Beheizung der Schmelze angeschlossen. Durch Anlegen einer Spannung an die gegenüberliegenden Elektroden 3 fließt bei hinreichender Leitfähigkeit ein Strom durch die Schmelze und heizt diese konduktiv. Durch die konduktive Beheizung wird die Heizleistung entlang des gesamten 20 Strompfad durch die Schmelze 39 verteilt, wodurch die Schmelze 39 sehr gleichmäßig erwärmt wird.

25 Es liegt ferner im Rahmen der Erfindung, nicht nur Schmelz- oder Läuervorrichtungen mit den vorstehend beschriebenen Heizvorrichtungen zu versehen, sondern es können diese darüber hinaus auch bei Konditionierungseinrichtungen und insbesondere auch bei Rinnen für den Transport des Schmelzgutes eingesetzt werden.

Bezugszeichenliste

1	Heizvorrichtung
2	Schmelzkontaktmaterial
3	Elektrode
61, 63	Elektrodensegmente
5	Stützvorrichtung
7, 71, 73	Elektrische Zuleitungen
8	Refraktärmaterial
9	Anschlüsse an Fluidleitungskanäle des ersten Kühlsystems
10	Fluidleitungskanal des ersten Kühlsystems
11	Anschlüsse an Fluidleitungskanäle des weiteren Kühlsystems
12	Fluidleitungskanal des weiteren Kühlsystems
13	Stell- oder Regelventil des ersten Kühlsystems
14	Halteblech
15	Stell- oder Regelventil des weiteren Kühlsystems
17	Schmelzkontaktfläche
18	Abschnitt des Fluidleitungskanals 11
19	Abschnitt des Fluidleitungskanals 9
20	Seite der Stützvorrichtung, auf welcher die Elektrode 3 aufliegt
21	Fluidfördereinrichtung des ersten Kühlsystems
23	Kühler des ersten Kühlsystems
25	Fluidfördereinrichtung des weiteren Kühlsystems
27	Kühler des weiteren Kühlsystems
29, 31	Laschen
33, 35	Zuleitungen für Querbestromung
34	Schalter für Querbestromung

- 37                   Stromversorgung für Querbestromung
- 39                   Schmelze
- 40                   Schmelzaggregat
- 42                   Wandungen des Schmelzaggregates 40
- 51                   thermisch gut leitende Schicht der  
                    Stützvorrichtung 5
- 52                   thermisch schlecht leitende Schicht der  
                    Stützvorrichtung 5
- 80                   Stromversorgung zur konduktiven  
                    Schmelzenbeheizung

Ansprüche

1. Heizvorrichtung (1) zur konduktiven Beheizung von  
5 Schmelzen, insbesondere zum raschen Einschmelzen, zur  
Läuterung und/oder zum Konditionieren von Schmelzen,  
welche zumindest eine Elektrode (3) umfasst,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Heizvorrichtung (1) ein  
erstes Kühlsystem mit variabel stell- und/oder  
10 regelbarer Kühlleistung aufweist.
2. Heizvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
daß das erste Kühlsystem eine Fluidfördereinrichtung  
(21) umfasst, welche vorzugsweise eine Förderung des  
15 Fluids bei niedrigen Druckdifferenzen von bis zu 1000  
mbar, bevorzugt bis zu 500 mbar und am bevorzugtesten  
bis zu 150 mbar ermöglicht.
3. Heizvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,  
20 daß die Fluidfördereinrichtung (21) insbesondere  
bezüglich der Temperatur, des Flüssigkeitsgehalts  
und/oder der Durchflußmenge des Fluids einstell-  
und/oder regelbar ist.
4. Heizvorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch  
25 gekennzeichnet, daß das Kühlsystem eine Vielzahl von  
Fluidleitungskanälen (10) umfasst.
5. Heizvorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,  
30 daß zumindest Abschnitte (19) der Fluidleitungskanäle  
(10) in verschiedenen Ebenen quer zueinander verlaufen.
6. Heizvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein  
35 Fluidleitungs kanal (10) mit einer Einrichtung zur



Einstellung und/oder Regelung des Durchflusses von Kühlfluid verbunden ist.

- 5 7. Heizvorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Einrichtung zur Einstellung und/oder Regelung des Durchflusses von Kühlfluid ein Stell- oder Regelventil (13) umfasst.
- 10 8. Heizvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlsystem eine Luftkühlung und/oder eine Flüssigkeitskühlung und/oder eine Aerosolk hlung umfasst.
- 15 9. Heizvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeichnet durch ein weiteres Kühlsystem.
- 20 10. Heizvorrichtung nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum voneinander unabhängigen Einstellen und/oder Regeln der K hlssysteme.
- 25 11. Heizvorrichtung nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß das weitere Kühlsystem eine Vielzahl von Fluidleitungskanälen (12) umfasst.
- 30 12. Heizvorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest Abschnitte (18) der Fluidleitungskanäle (12) des weiteren Kühlsystems vorzugsweise in Richtung senkrecht zur Wärmeausbreitungsrichtung quer oder parallel zu Abschnitten (19) von Fluidleitungskanälen (10) des ersten Kühlsystems verlaufen.
- 35 13. Heizvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest Abschnitte (18) der Fluidleitungskanäle (12) des weiteren Kühlsystems vorzugsweise in Richtung senkrecht zur

Wärmeausbreitungsrichtung quer oder parallel zu Abschnitten (19) von Fluidleitungskanälen (10) des ersten Kühlsystems verlaufen.

- 5 14. Heizvorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest Abschnitte (18) der Fluidleitungskanäle (12) des weiteren Kühlsystems und Abschnitte (19) von Fluidleitungskanälen (10) des ersten Kühlsystems ineinandergeführt verlaufen

10

- (15) 15. Heizvorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Fluidleitungskanäle so angeordnet sind, daß zumindest ein Abschnitt (19) der Fluidleitungskanäle (10) des ersten Kühlsystems näher an der Schmelzkontaktfläche (17) der zumindest einen Elektrode (3) angeordnet ist, als die Fluidleitungskanäle (12) des weiteren Kühlsystems.

15

- 20 16. Heizvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Elektrode (3) eine Stützvorrichtung (5) umfasst.

20

- (25) 17. Heizvorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützvorrichtung (5) auf einer der Schmelzkontaktfläche (17) der zumindest einen Elektrode (3) abgewandten Seite der Elektrode (3) angeordnet ist.

25

- 30 18. Heizvorrichtung nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützvorrichtung (5) mehrschichtig aufgebaut ist.

30

- 35 19. Heizvorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützvorrichtung (5) eine erste Schicht aufweist, die zwischen der Elektrode (3) und

35

zumindest einer darauffolgenden zweiten Schicht angeordnet ist, wobei die erste Schicht (51) eine höhere Wärmeleitfähigkeit als die zweite Schicht (52) aufweist.

5     20. Heizvorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Schicht (51) ein schmelzgegossenes und/oder dicht gesintertes Material, insbesondere AZS oder  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oder HZFC umfaßt.

10     21. Heizvorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 20, wobei der Schmelz- oder Glaskontaktbereich der zumindest einen Elektrode (3) auf einer Seite (20) der Stützvorrichtung (5) aufliegt, dadurch gekennzeichnet, daß sich zumindest ein Abschnitt (19) eines  
15     Fluidleitungs Kanals (10) entlang dieser Seite (20) der Stützvorrichtung (5) erstreckt.

20     22. Heizvorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Abschnitt (19) des zumindest einen Fluidleitungs Kanals (10) zur Elektrode (3) oder bei einer mehrschichtig aufgebauten Stützvorrichtung (5) zu einer ersten, zwischen Elektrode (3) und zumindest einer darauffolgenden zweiten Schicht (52) angeordneten Schicht (51) der Stützvorrichtung (5) hin offen ist.

25     23. Heizvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Elektrode (3) zumindest zwei Elektrodensegmente (31, 33) umfaßt.

30     24. Heizvorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrodensegmente (31, 33) zueinander isoliert sind.

35     25. Heizvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Elektrode

- (3) ein Schmelzkontaktmaterial (2) aufweist, welches elektrisch leitfähige Kermamik, wie beispielsweise  $\text{SnO}_2$ -Keramik und/oder Refraktärmetalle, insbesondere hochschmelzende Metalle, insbesondere Wolfram, Molybdän, Osmium, Hafnium, Tantal oder deren Legierungen, und/oder Platinmetalle, insbesondere Platin, Iridium, Rhodium oder deren Legierungen umfasst.
26. Heizvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Elektrode (3) ein Schmelzkontaktmaterial (2) aufweist, welches ein feinkornstabilisiertes Material; insbesondere ein hochfestes Platinmaterial oder Iridiummaterial umfasst.
27. Heizvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Elektrode (3) einen Wandbereich eines Tiegels, insbesondere eines Skulttiegels bildet.
28. Heizvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 27, gekennzeichnet durch zumindest einen Temperatursensor, insbesondere ein Thermoelement.
29. Heizvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlsystem zumindest einen Durchflußmesser umfasst.
30. Heizvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 29, gekennzeichnet durch eine stell- oder regelbare Heizleistungsregelung, insbesondere eine stell- oder regelbare Heizstromregelung zur Regelung des Heizstroms in Abhängigkeit von der Kühlleistung, der Schmelztemperatur und/oder der Elektrodentemperatur.
31. Heizvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche,

gekennzeichnet durch eine Einrichtung zur Beheizung der Elektrode (3).

5 32. Heizvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Beheizung der Elektrode (3) eine ohmsche Heizeinrichtung, welche geeignet ist, das Schmelz- oder Glaskontaktmaterial und/oder Teile der Elektrode selbst zu erwärmen, umfaßt.

10 33. Heizvorrichtung nach Anspruch 31 oder 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Beheizung der Elektrode (3) eine Einrichtung zur Erwärmung des Kühlfluids umfaßt.

15 34. Heizvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 33, gekennzeichnet durch eine Kantenkühlung.

20 35. Schmelzaggregat (40) zur konduktiven Beheizung von Schmelzen, umfassend zumindest eine Heizvorrichtung (1) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche.

Zusammenfassung

Die Erfindung sieht eine Heizvorrichtung (1) zur konduktiven  
5 Beheizung von Schmelzen, insbesondere zum raschen  
Einschmelzen, zur Läuterung und/oder Konditionieren von  
Schmelzen vor, welche eine verbesserte Kühlung aufweist. Dazu  
umfasst die Heizvorrichtung zumindest eine Elektrode (3),  
sowie ein erstes Kühlsystem mit variabel stell- und/oder  
10 regelbarer Kühlleistung.

Fig. 1

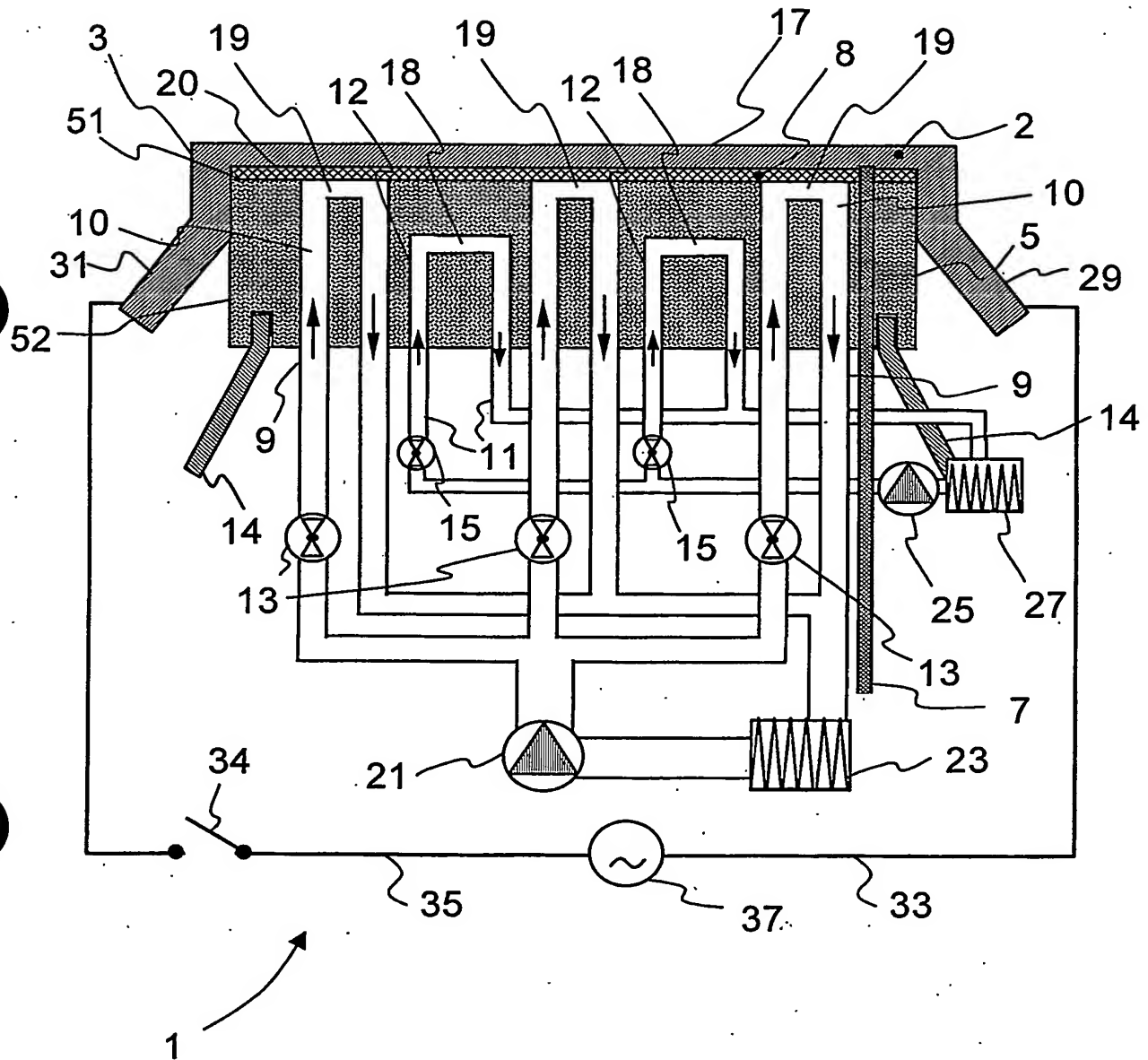


Fig. 2

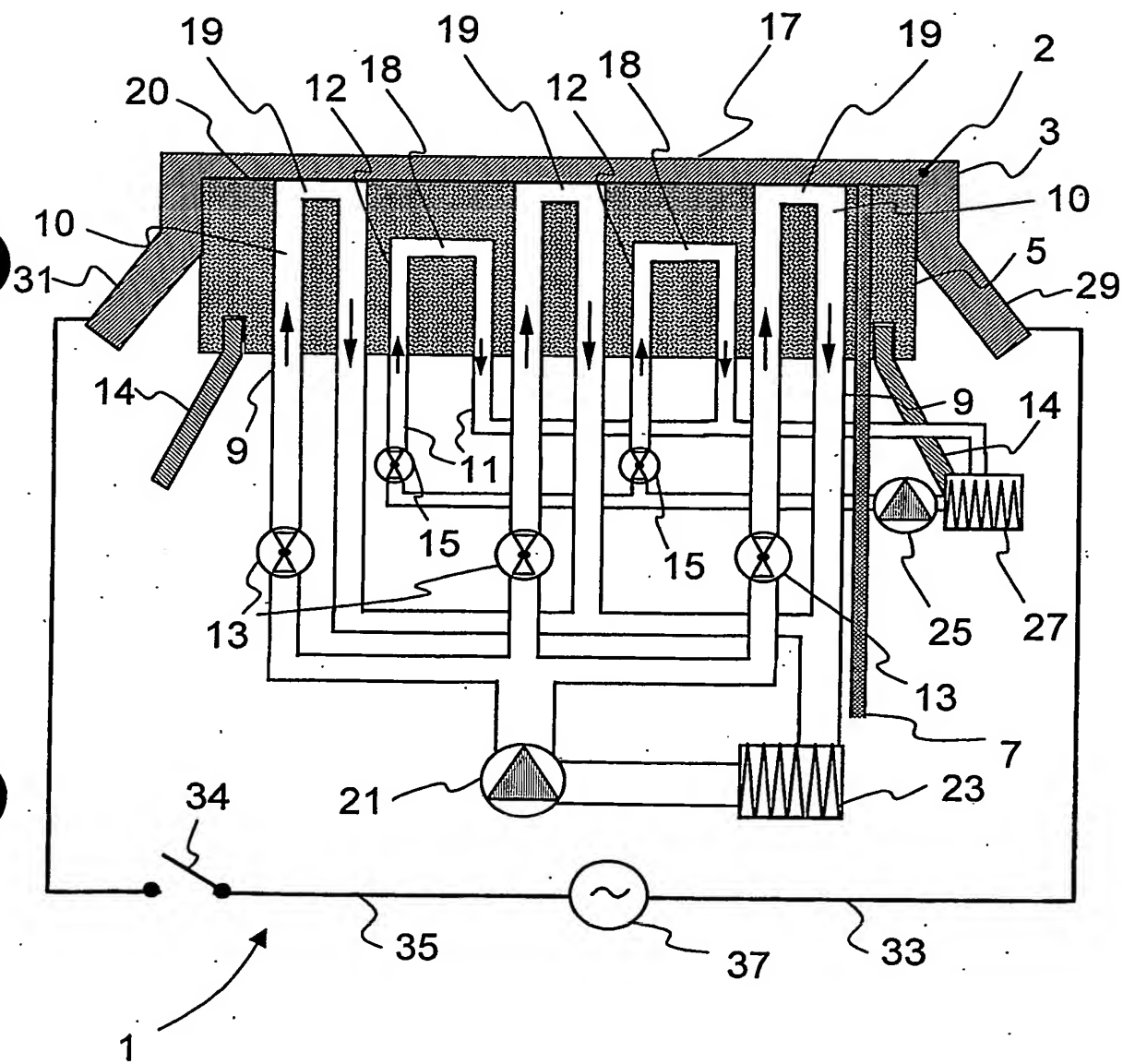




Fig. 3A

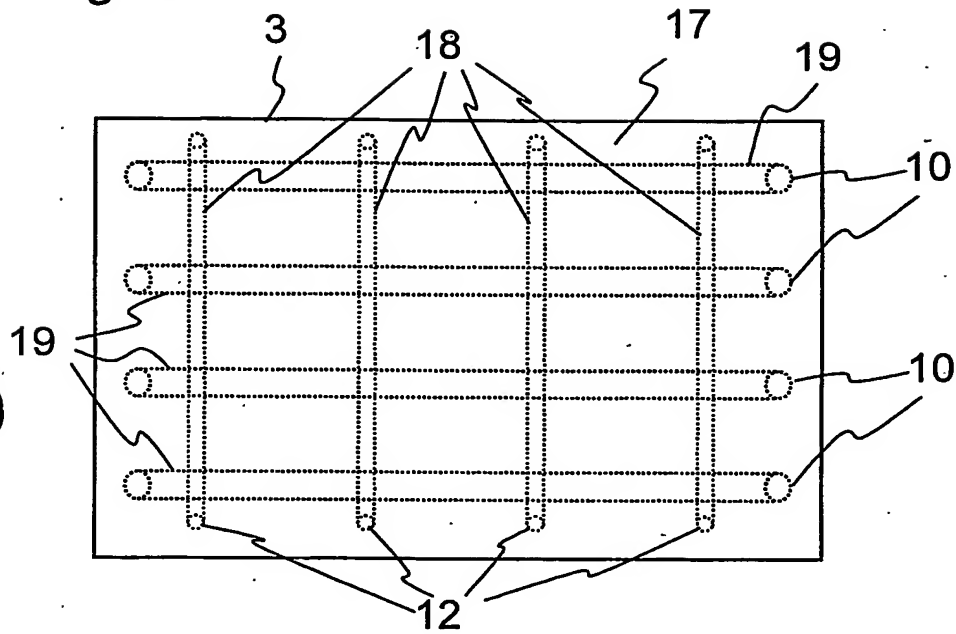
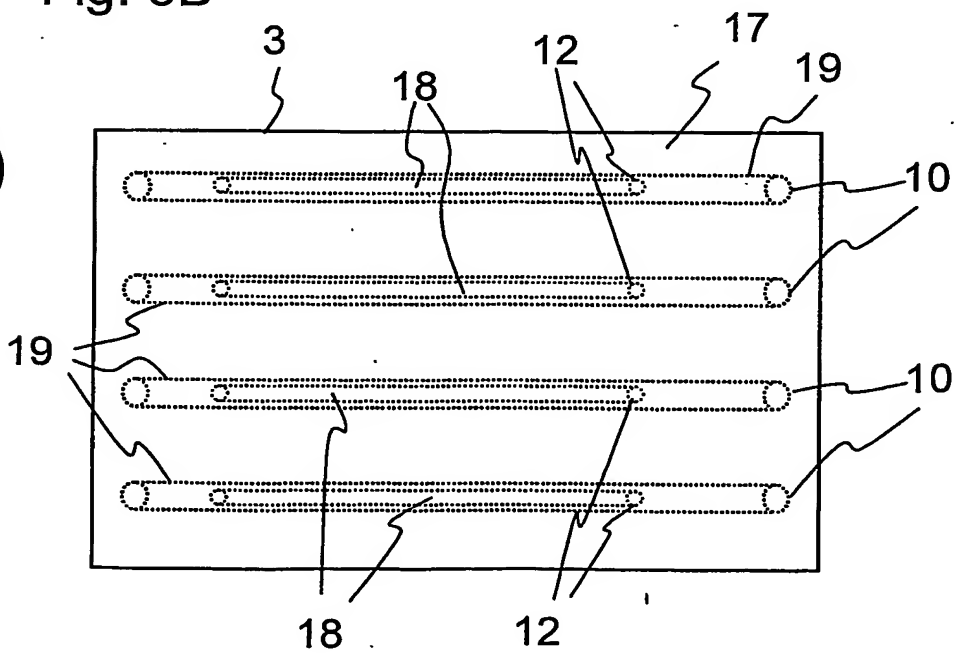
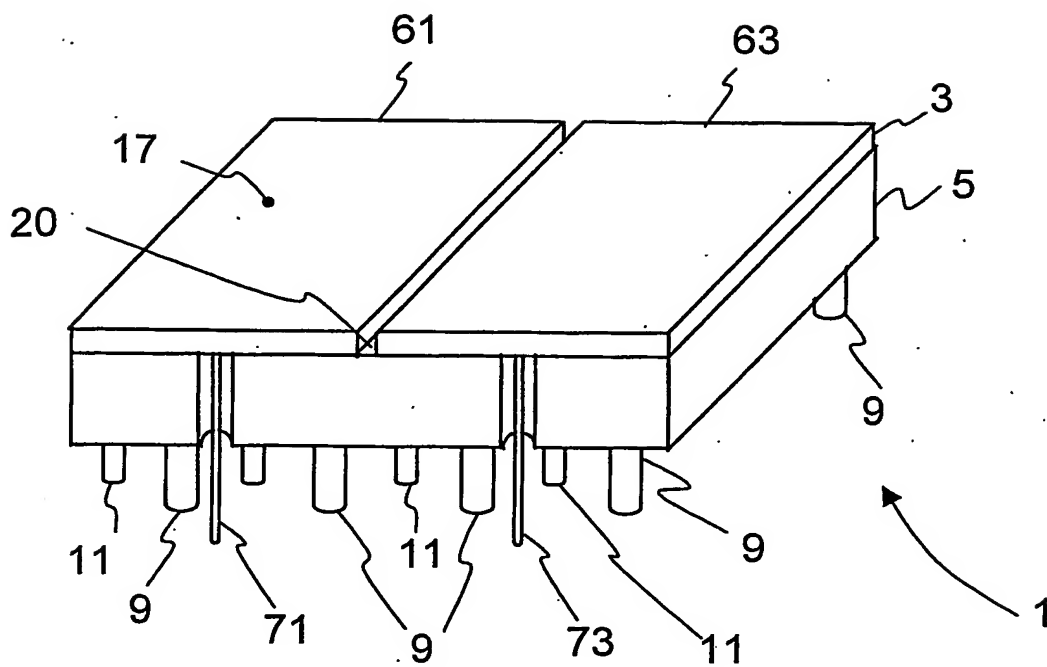


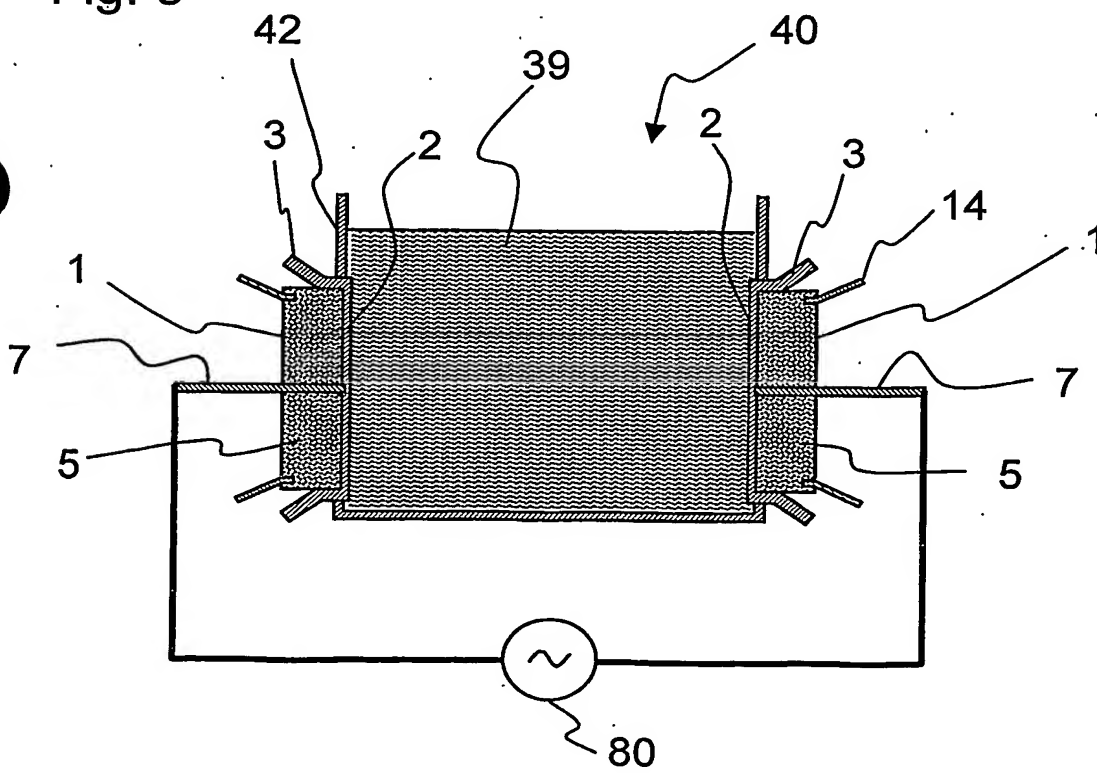
Fig. 3B



**Fig. 4**



**Fig. 5**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKewed/SLANTED IMAGES**

☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**